Calcium

There is no evidence of adverse health effects specifically attributable to calcium in drinking water. Insufficient data are available to set a specific value for an aesthetic objective for calcium in drinking water. A guideline for calcium has therefore not been specified.

General

Calcium is the fifth most abundant natural element. It enters the freshwater system through the weathering of rocks, especially limestone, and from the soil through seepage, leaching and runoff.[1] The average concentration of calcium in soil is about 1.37 10^4 mg/kg.[2] The leaching of calcium from soil has been found to increase significantly with the acidity of rainwater.[3]

Calcium oxide (lime) is used extensively in mortar, stucco and plaster in the building industry. It is used in pulp and paper production, sugar refining, petroleum refining and tanning.[4] Lime is also widely used as a wastewater treatment chemical. In 1985, the total consumption of lime in Canada was estimated to be 1 842 800 tonnes.[5]

Occurrence

The concentration of calcium in water depends on the residence time of the water in calcium-rich geological formations.

Measurements of water samples collected from 71 municipalities across Canada showed that the mean calcium concentrations were 21.8 (1.3 to 77.3), 18.2 (1.6 to 55.8) and 21.4 (≤1.1 to 112.8) mg/L for raw, treated and distributed water, respectively. Raw water supplies that received lime treatment showed significant increases in the amount of calcium in the treated water (e.g., for Ottawa, the calcium concentration increased from 8.6 mg/L in raw water to 16.3 mg/L in treated water).[6]

Surface water generally contains lower concentrations of calcium than groundwater.[7] A 1977 survey of Canadian surface waters reported low calcium concentrations in Newfoundland, Quebec, British Columbia and the Northwest Territories.[8] The highest concentration, 365 mg/L, was recorded in Prince Edward Island, and the lowest, 0.3 mg/L, in Newfoundland. Data collected from 24 stations in Saskatchewan in 1980 and 1981 showed that the concentration of calcium in surface waters ranged from 2 to 141 mg/L,[9] whereas the average concentrations from sampling stations in all provinces ranged from 1 to 336 mg/L.

The concentration of calcium in the Great Lakes ranges from 13 to 40 mg/L[10,11]; industrial effluent loadings of calcium in these lakes during 1973 to 1975 were 14 800 tonnes/year for Lake Superior and 6200 tonnes/year for Lake Huron.[10] The environmental concentration of calcium in Canadian surface waters during 1980 to 1985 ranged from <0.002 mg/L to a high of 1370 mg/L, the high being recorded in Bench Mark Creek in Alberta.[9]

Atmospheric calcium is derived mainly from industrial activities.[12] A major source of atmospheric calcium is the burning of fossil fuels, which contain calcium at concentrations of approximately 10 000 mg/kg.[13] Atmospheric loading of calcium in the Great Lakes basin is estimated to be greater than 100 000 tonnes.[10,14] Reported concentrations of calcium (in particulates) in air over Edmonton in 1978 to 1979 showed a marked seasonal variation, peaking in the summer. For the three one-month periods (November, March/April and July/August) during which air concentrations were measured, the mean concentrations were 1.6, 2.2 and 2.6 $\mu g/m^3$, respectively. Low enrichment factors support the conclusion that a substantial portion of the calcium was of natural origin.[15] Calcium concentrations measured over Windsor, Ontario, averaged 0.078 mg/m^3 during a day of abundant particulate pollution and 0.009 mg/m^3 when pollution was less abundant.[16] Calcium concentrations in rainwater in a rural area near Toronto ranged from 0.1 to 0.4 mg/L.[17]

The concentrations of calcium in certain foods are as follows: 12 800 mg/kg in dried skimmed milk, 8000 mg/kg in cheese, 100 mg/kg in meat, 250 to 1200 mg/kg in fish, 30 to 2220 mg/kg in fruit and vegetables and 0 to 150 mg/kg in fats.[18,19]

Canadian Exposure

It has been estimated that the daily intake of calcium from the average Canadian diet is 1000 mg,[20] although some women consume less than 800 mg/day.[21,22] Drinking water in Canada usually

contains between 1.1 and 112.8 mg/L calcium.[6] These values are used in Table 1 to estimate the contribution of drinking water to the total calcium intake.

Table 1. Contribution of Drinking Water to Intake of Calcium

Type of water	Water (mg/day)*	RNI** (mg/day)	Total	Percent from water
Soft water (1.1 mg/L Ca^{2+})	1.65	800	801.7	0.2
Hard water (112.8 mg/L Ca^{2+})	169.2	800	969.2	17.5

* Based on an estimated intake of 1.5 L/day of drinking water by Canadians.[23]

** Typical recommended nutrient intake (RNI) for adult males.[20,24]

Analysis

Air–acetylene flame atomic absorption spectrometry (AAS) and inductively coupled plasma (ICP) emission spectrometry are accurate methods for determining calcium in water. Two other methods, titration with permanganate and titration with ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) or its salts provide good results for control and routine applications at higher concentrations. The EDTA titration procedure is preferable to the permanganate method because of its simplicity and rapidity.[25]

The detection limit of the AAS method on direct aspiration is 3 µg/L, and the optimum concentration ranges from 0.2 to 20 mg/L. The recovery of added calcium in a spiked sample is between 85 and 115 percent. The detection limit of the ICP method is 10 µg/L at a 317.93 nm wavelength.[25]

Treatment Technology

Calcium is one of the principal cations associated with hardness in drinking water. The hardness of water can range from less than 75 mg/L as $CaCO_3$ (considered a soft water) to more than 300 mg/L as $CaCO_3$ (considered a very hard water).[26]

Calcium can be efficiently removed from source water by softening the water either by ion exchange or by chemical precipitation. Because of the variation in consumer acceptance of hardness in drinking water, the finished water hardness produced by different utility softening plants will range from 50 to 150 mg/L as $CaCO_3$.[26]

Health Considerations

Absorption, Distribution and Excretion

Calcium is primarily absorbed in the proximal portion of the small intestine by a vitamin D-enhanced active transport process. The amount of calcium absorbed from the diet depends on the concentrations of a number of dietary components, as well as on non-dietary factors, such as pH of the intestine. Absorption ranges widely, from 12 to 67 percent, and is the chief means of controlling body calcium concentrations.

The total body burden of calcium in an adult male is about 1010 g, of which >99 percent is associated with the skeleton and only 0.1 percent with the extracellular fluids. The extracellular concentrations are regulated by parathyroid hormone and calcitonin, which, respectively, increase and decrease the calcium concentrations. A calcium buffer is provided by the bones, where 0.5 to 1.0 percent of the total bone mass, consisting of calcium phosphate compounds, is rapidly available.

About 180 mg calcium are excreted daily in the urine, compared to 740 mg in the faeces and 30 to 150 mg in sweat. Both faecal and urinary calcium vary with intake.[27]

Adverse Effects

Because of the efficient homeostatic mechanisms that control calcium metabolism, adverse effects are observed only following the intake of extremely large quantities of calcium. High dietary calcium levels may adversely affect the bioavailability of other minerals in the diet. Calcium, in association with phosphate, may reduce iron absorption.[28] Magnesium balance is reportedly affected by dietary calcium,[29,30] although there is some evidence to the contrary.[31] There is evidence that the relationship between dietary calcium and magnesium may vary with age and sex.[32] Zinc absorption is affected by dietary calcium in animals[33] but apparently not in humans.[34,35] Foods that are high in both calcium and phosphorus, however, may inhibit zinc absorption.[36] Both chromium[37] and manganese[38] absorption appear to be inhibited by high dietary calcium concentrations. The presence of calcium in drinking water could reduce the availability of copper as a result of the less aggressive leaching of copper in the delivery system.[39]

Beneficial Effects

Calcium blocks the absorption of heavy metals, and it has been found, for example, that a low-calcium diet increases the susceptibility of rats to lead poisoning.

Adequate calcium in the diet of humans under the age of 30 is thought to retard the development of osteoporosis through an increase in bone mass. For post-menopausal women and men over 60 years of age, it has been suggested,[40] but is not universally accepted,[41] that increased dietary calcium could slow down the process of bone resorption. A greater incidence of eclampsia during pregnancy is reported in populations on a low-calcium diet.[42] Calcium supplements have been shown to lower the blood pressure of pregnant women.[43]

A diet rich in calcium may prevent colon cancer in humans[44] and may, in fact, reverse early signs of colorectal cancer.[45] Colorectal cancer occurs more

frequently than anticipated in people drinking soft, low-calcium water.[46]

Dietary calcium has also been proposed as an anti-hypertensive agent. This is supported by evidence from large-scale epidemiological studies,[42,47] dietary surveys,[48,49] intervention dietary studies[50–52] and experimental physiological studies.[53–55]

Supplemental dietary calcium reduced plasma cholesterol in young goats.[56] However, when both calcium and vitamin D were supplemented in these studies, there was a significantly greater incidence of aortic calcification, which is also considered to be a sign of atherosclerotic lesions. Hard drinking water could, therefore, be an important supplementary calcium source, as its beneficial effects would not be offset by increased vitamin D intake, as would occur upon intake of dairy products supplemented with vitamin D.

There are several proposed biological mechanisms involving calcium that could account for some of the statistical relationships provided by epidemiological studies[57,58] between hard drinking water and a lower incidence of cardiovascular disease (see "Hardness" review in the Supplementary Documentation).

Other Considerations

As a contributor to hardness, calcium can have detrimental effects on drinking water quality. These effects are mainly aesthetic and are discussed in the "Hardness" review in the Supplementary Documentation.

Conclusion

1. There is no evidence of adverse health effects specifically attributable to calcium in drinking water.

2. Undesirable effects due to the presence of calcium in drinking water may result from its contribution to hardness. These effects have been dealt with in the "Hardness" review in the Supplementary Documentation.

3. A separate maximum acceptable concentration for calcium has, therefore, not been specified.

References

1. Day, E.H. The chemical elements in nature. George C. Harrap & Co., London, U.K. (1963).

2. Klein, D.H. Fluxes, residence times and sources of some elements to Lake Michigan. Water Air Soil Pollut., 4: 3 (1975).

3. Overrein, L.N. Sulfur pollution patterns observed: leaching of calcium in forest soil determined. Ambio, 1: 145 (1972).

4. Statistics Canada. Manufacturers of industrial chemicals 1974. Catalogue No. 46-219 (1976).

5. Stonehouse, D.H. Lime. In: Canadian minerals yearbook 1985. Energy, Mines and Resources Canada, Ottawa. p. 34 (1986).

6. Ontario Ministry of the Environment. Drinking water monitoring data. Unpublished (1987).

7. Sienko, M.J. and Plane, R.A. Chemical principles and properties. 2nd edition. McGraw-Hill, New York, NY (1974).

8. National Water Quality Data Bank (NAQUADAT). Water Quality Branch, Inland Waters Directorate, Environment Canada (1977).

9. Environment Canada. Detailed surface water quality data, Saskatchewan (1980–81). Inland Waters Directorate (1984).

10. Upper Lakes Reference Group. The waters of Lake Huron and Lake Superior. Vol. I. Summary and recommendations. Report to the International Joint Commission (1976).

11. Kormondy, E.J. Concepts of ecology. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ. p. 182 (1969).

12. McQuarrie, M.C. Lime. In: McGraw-Hill encyclopedia of science and technology: an international reference work. McGraw-Hill, New York, NY (1966).

13. Bertine, K.K. and Goldberg, E.D. Fossil fuel combustion and the major sedimentary cycle. Science, 173: 233 (1971).

14. International Reference Group. Atmospheric loadings of the Lower Great Lakes and the Great Lakes drainage basin. Report to the International Joint Commission (1977).

15. Klemm, R.F. and Gray, J.M.L. A study of the chemical composition of particulate matter and aerosols over Edmonton. Prepared for the Research Management Division by the Alberta Research Council. Report RMD 82/9. 125 pp. (1982).

16. International Joint Commission. Report on pollution of the atmosphere in the Detroit River area. Windsor, Ontario (1960).

17. Van Loon, J.C. Toronto's precipitation analyzed for heavy metal content. Water Pollut. Control, 111(2): 38 (1973).

18. Pyke, M. Success in nutrition. John Murray Publishing, London, U.K. (1975).

19. Hankin, J.H., Margen, S. and Goldsmith, N.F. Contribution of hard water to calcium and magnesium intakes in adults. J. Am. Diet. Assoc., 56: 212 (1970).

20. Neri, L.C., Hewitt, D., Schreiber, G.B., Anderson, T.W., Mandel, J.S. and Zdrojewsky, A. Health aspects of hard and soft waters. J. Am. Water Works Assoc., 67: 403 (1975).

21. Scythes, C.A., Gibson, R.S. and Draper, H.H. Dietary calcium and phosphate intakes of a sample of Canadian premenopausal women consuming self-selected diets. Nutrition, 2: 385 (1982).

22. O'Connor, D., Gibson, R.S. and Martinez, O.B. Dietary calcium and phosphorus intakes of a sample of Canadian post-menopausal women consuming self-selected diets. J. Can. Diet. Assoc., 46: 45 (1985).

23. Department of National Health and Welfare. Tap water consumption in Canada. Ottawa (1981).

24. Department of National Health and Welfare. Recommended nutrient intakes for Canadians. Ottawa (1983).

25. American Public Health Association/American Water Works Association/Water Pollution Control Federation. Standard methods for the examination of water and wastewater. 17th edition. American Public Health Association, Washington, DC (1989).

26. American Water Works Association. Water quality and treatment, a handbook of community water supplies. 4th edition. F.W. Pontius (tech. ed.). McGraw-Hill, New York, NY (1990).

27. International Commission on Radiological Protection. Report of the Task Group on Reference Man. ICRP Report No. 23. Pergamon Press, Oxford, U.K. 411 pp. (1984).

28. Monsen, E.R. and Cook, J.D. Food iron absorption in human subjects — IV. The effect of calcium and phosphate salts on the absorption of non-heme iron. Am. J. Clin. Nutr., 29: 1142 (1976).

29. Kim, Y. and Linkswiler, H. Effect of level of calcium and phosphorus intake on calcium, phosphorus and magnesium metabolism in young adult males. Fed. Proc., 115: 167 (1979).

30. Hines, R.G., Jacobson, J.L., Beitz, D.C. and Littledike, E.T. Dietary calcium and vitamin D: risk factors in the development of atherosclerosis in young goats. J. Nutr., 115: 167 (1985).

31. Spencer, H. Calcium and magnesium interactions in man. Clin. Chem., 25: 1043 (1980).

32. Lakshmanan, F.L., Rao, R.B., King, W.W. and Kelsay, J.L. Magnesium intakes, balances and blood levels in adults consuming self-selected diets. Am. J. Clin. Nutr., 40: 1380 (1984).

33. Adham, N.F. and Long, M.K. Effects of calcium and copper on zinc absorption in the rat. Nutr. Metab., 24: 281 (1980).

34. Snedeker, S.M., Smith, S.A. and Greger, J.L. Effects of dietary calcium and phosphorus levels on the utilization of iron, copper and zinc by adult males. J. Nutr., 112: 136 (1982).

35. Spencer, H., Vandinscott, I. and Samachson, J. Zinc-65 metabolism during low and high calcium intake in man. J. Nutr., 86: 168 (1965).

36. Pecoud, A., Donzel, P. and Schelling, J.L. The effects of foodstuffs on the absorption of zinc sulfate. Clin. Pharmacol. Ther., 17: 489 (1975).

37. Merty, W. Chromium. In: Absorption and malabsorption of mineral nutrients. N.W. Solomons and I.H. Rosenberg (eds.). Alan R. Liss, New York, NY (1984).

38. Spenser, H., Assmussen, C.R., Holtzman, R.B. and Kramer, L. Metabolic balance of cadmium, copper, manganese and zinc in man. Am. J. Clin. Nutr., 32: 1867 (1979).

39. Méranger, J.C., Subramanian, K.S. and Chalifoux, C. Metals and other elements. Survey for cadmium, cobalt, chromium, copper, nickel, lead, zinc, calcium and magnesium in Canadian drinking water supplies. J. Assoc. Off. Anal. Chem., 64: 44 (1981).

40. Recker, R.R. and Heaney, R.P. The effects of milk supplements on calcium metabolism, bone metabolism and calcium balance. Am. J. Clin. Nutr., 41: 254 (1985).

41. Magess, R.B., Harper, A.R. and De Luca, H. Calcium intake and bone. Am. J. Nutr., 41: 568 (1985).

42. Belizan, J.M. and Villar, J. The relationship between calcium intake and edemaproteinuria and hypertension-gestosis: a hypothesis. Am. J. Clin. Nutr., 33: 2203 (1980).

43. Belizan, J.M., Villar, J., Zalagar, A., Rojas, L., Chan, D. and Bryce, G.F. Preliminary evidence of the effects of calcium supplementation on blood pressure in normal pregnant women. Am. J. Obstet. Gynecol., 146: 175 (1983).

44. Garland, C., Barrett-Connor, E., Rossof, A.H., Shekelle, R.B., Criqui, M.H. and Paul, O. Dietary vitamin D and calcium and risk of colorectal cancer: a 19-year old prospective study in men. Lancet, i(8424): 307 (1985).

45. Lipkin, M. and Newmark, H. Effect of added dietary calcium on colonic epithelial-cell proliferation in subjects at high risk for familial colonic cancer. New Engl. J. Med., 313: 1381 (1985).

46. Silberner, J. Colorectal cancer: calcium a key? Sci. News, 128: 362 (1985).

47. McCarron, I.A., Morris, C.D., Henry, J.J. and Stanton, J.L. Blood pressure and nutrient intake in the United States. Nutr. Today, 8: 14 (1984).

48. Langford, H.G. and Watson, R.L. Electrolytes, environment and blood pressure. Clin. Sci. Mol. Med., 45: 1115 (1973).

49. McCarron, D.A., Morris, C.D. and Cole, C. Dietary calcium in human hypertension. Science, 217: 267 (1982).

50. Belizan, J.M., Villar, J., Pinda, O., Gonzales, A.E., Sainz, E., Garrera, G. and Sibrian, R. Blood pressure reduction in young adults with calcium supplementation: a randomized clinical trial. J. Am. Med. Assoc., 249: 1161 (1983).

51. McCarron, D.A. and Morris, C.D. Blood pressure response to oral calcium in persons with mild to moderate hypertension. A randomized, double-blind, placebo-controlled, crossover trial. Ann. Intern. Med., 103: 825 (1985).

52. Johnson, N.E., Smith, E.L. and Freudenheim, J.L. Effects on blood pressure of calcium supplementation of women. Am. J. Clin. Nutr., 42: 12 (1985).

53. Ayachi, S. Increased dietary calcium lowers blood pressure in the spontaneous hypertensive rat. Metabolism, 28: 1234 (1979).

54. Belizan, J.M., Villar, J., Self, S., Pineda, O., Gonzales, G. and Lainz, E. The mediating role of the parathyroid gland in the effect of low calcium intake on blood pressure in the rat. Arch. Nat. Nutr., 24: 666 (1984).

55. Yacowitz, H., Fleishman, A.I., Amoden, R.T. and Bierenbaum, M.L. Effects of dietary calcium upon lipid metabolism in rats fed saturated or unsaturated fat. J. Nutr., 92: 389 (1967).

56. Raloff, J. Oxidized lipids: a key to heart disease? Sci. News, 127: 278 (1985).

57. Pocock, S.J., Shaper, A.G., Cook, D.G., Packham, R.F., Lacey, R.F., Powell, P. and Russel, P.F. British regional heart study: geographic variation in cardiovascular mortality and the role of water quality. Br. Med. J., 280: 1243 (1980).

58. Zieghami, E.A., Morris, M.D., Calle, E.E., McSweeny, P.S. and Schuknecht, B.A. Drinking water inorganics and cardiovascular disease: a case control study among Wisconsin farmers. U.S. Environmental Protection Agency Proceedings, Amherst, MA. PB85-216513, May (1985).

Le calcium

Rien n'indique que le calcium présent dans l'eau potable ait des effets nocifs pour la santé. Les données dont on dispose sont insuffisantes pour établir un objectif précis d'ordre esthétique ou organoleptique pour le calcium présent dans l'eau potable. On n'a donc pas formulé de recommandation pour le calcium.

Généralités

Le calcium est le cinquième élément le plus abondant dans la nature. Il s'introduit dans le système d'eau douce sous l'action de la météorisation des roches, particulièrement celle des roches calcaires, et par entraînement à partir du sol dans les eaux d'infiltration, par lixiviation et par ruissellement.[1] La concentration moyenne du calcium dans le sol est d'environ $1{,}37 \times 10^4$ mg/kg.[2] On a constaté que la lixiviation du calcium à partir du sol augmentait nettement avec l'acidité de l'eau de pluie.[3]

L'oxyde de calcium (chaux) est abondamment utilisé dans l'industrie du bâtiment pour la préparation du mortier, du stuc et du plâtre. Il est utilisé dans la production des pâtes et papiers, pour le raffinage du sucre, pour le raffinage du pétrole et pour le tannage.[4] L'usage de la chaux pour le traitement chimique des eaux usées est aussi largement répandu. En 1985, la consommation totale de chaux au Canada était évaluée à 1 842 800 tonnes.[5]

Présence dans l'environnement

La concentration du calcium dans l'eau dépend du temps de séjour de l'eau dans des formations géologiques riches en calcium.

D'après des mesures effectuées sur des échantillons d'eau prélevés dans 71 municipalités de l'ensemble du Canada, la concentration moyenne de calcium était respectivement de 21,8 (1,3 à 77,3), 18,2 (1,6 à 55,8) et 21,4 (≤1,1 à 112,8) mg/L dans des eaux brutes, des eaux traitées et des eaux distribuées. Le traitement à la chaux des eaux brutes faisait considérablement augmenter la teneur en calcium des eaux traitées. À Ottawa, par exemple, la concentration de calcium passait de 8,6 mg/L dans l'eau brute à 16,3 mg/L dans l'eau traitée.[6]

Les eaux de surface renferment généralement moins de calcium que les eaux souterraines.[7] Une étude des eaux de surface canadiennes effectuée en 1977 signalait que les concentrations de calcium étaient faibles à Terre-Neuve, au Québec, en Colombie-Britannique et dans les Territoires du Nord-Ouest.[8] La concentration la plus élevée qui a été mesurée, 365 mg/L, a été enregistrée à l'Île-du-Prince-Édouard; la plus faible, 0,3 mg/L, a été relevée à Terre-Neuve. Les données recueillies en 1980 et en 1981 dans 24 stations situées en Saskatchewan ont montré que la concentration de calcium dans les eaux de surface variait de 2 à 141 mg/L,[9] alors que les concentrations moyennes obtenues par des stations d'échantillonnage dans toutes les provinces variaient de 1 à 336 mg/L.

La concentration de calcium dans les Grands Lacs varie de 13 à 40 mg/L;[10,11] de 1973 à 1975, les effluents industriels ont entraîné 14 800 tonnes de calcium/année dans le lac Supérieur et 6 200 tonnes/année dans le lac Huron.[10] La concentration environnementale de calcium dans les eaux de surface canadiennes a varié, de 1980 à 1985, de <0,002 mg/L jusqu'à 1 370 mg/L, la concentration la plus élevée ayant été relevée dans le ruisseau Bench Mark en Alberta.[9]

Le calcium atmosphérique provient principalement des activités industrielles.[12] La combustion des combustibles fossiles, dont la teneur en calcium est d'environ 10 000 mg/kg, constitue une source importante de calcium atmosphérique.[13] On estime à plus de 100 000 tonnes l'apport de calcium atmosphérique dans le bassin des Grands Lacs.[10,14] Les concentrations de calcium (en particules) mesurées dans l'air au-dessus d'Edmonton de 1978 à 1979 variaient de manière clairement saisonnière et présentaient un maximum en été. Pour les trois périodes d'un mois (novembre, mars/avril et juillet/août) au cours desquelles on a mesuré les concentrations de calcium dans l'air, on a obtenu des concentrations moyennes respectives de 1,6, 2,2 et 2,6 $\mu g/m^3$. Les faibles facteurs d'enrichissement mesurés étayent la conclusion selon laquelle une portion importante du calcium est d'origine naturelle.[15] Les concentrations de calcium mesurées dans l'air au-dessus de Windsor, en Ontario, s'élevaient en moyenne à 0,078 mg/m^3 un jour où la pollution en particules était abondante et à 0,009 mg/m^3 un jour où la pollution était moins abondante.[16] La concentration de calcium dans

l'eau de pluie d'une région rurale près de Toronto variait de 0,1 à 0,4 mg/L.[17]

Voici la concentration de calcium dans certains aliments : 12 800 mg/kg dans le lait écrémé en poudre, 8 000 mg/kg dans le fromage, 100 mg/kg dans la viande, 250 à 1 200 mg/kg dans le poisson, 30 à 2 220 mg/kg dans les fruits et les légumes et 0 à 150 mg/kg dans les graisses.[18,19]

Exposition des Canadiens

On a estimé que l'apport quotidien de calcium dans l'alimentation du Canadien moyen est de 1 000 mg,[20] bien que certaines femmes en consomment moins de 800 mg/jour.[21,22] Au Canada, l'eau potable contient habituellement entre 1,1 et 112,8 mg de calcium/L.[6] Ces valeurs sont utilisées au tableau 1 pour estimer la contribution de l'eau potable à l'apport total de calcium.

Tableau 1. Contribution de l'eau potable à l'apport de calcium

Type d'eau	Eau (mg/jour)*	ANR** (mg/jour)	Total	Pourcentage provenant de l'eau
Eau de faible dureté (1,1 mg Ca^{2+}/L)	1,65	800	801,7	0,2
Eau dure (112,8 mg Ca^{2+}/L)	169,2	800	969,2	17,5

* Basé sur un apport estimé de 1,5 L/jour d'eau potable chez les Canadiens.[23]

** Apport nutritionnel recommandé habituellement pour les hommes adultes.[20,24]

Analyse

La spectrométrie d'absorption atomique à flamme air–acétylène (SAA) et à plasma induit à haute fréquence (ICP) permet de déterminer avec exactitude la teneur en calcium de l'eau. Deux autres méthodes, le titrage au permanganate et le titrage avec l'acide éthylènediaminetétraacétique ou avec ses sels (EDTA), donnent de bons résultats dans le cas des analyses de contrôle ou de routine en présence de concentrations plus élevées. La méthode de titrage avec l'EDTA est préférable à la méthode au permanganate en raison de sa simplicité et de sa rapidité.[25]

Le seuil de détection de l'analyse par SAA dans le cas d'une aspiration directe est de 3 µg/L et la concentration optimale varie de 0,2 à 20 mg/L. La récupération du calcium à partir d'un échantillon dopé se situe entre 85 et 115 pour cent. Le seuil de détection dans le cas de la méthode ICP est de 10 µg/L à une longueur d'onde de 317,93 nm.[25]

Techniques de traitement

Le calcium est l'un des principaux cations qui soient associés à la dureté de l'eau potable. La dureté de l'eau exprimée d'après la teneur en $CaCO_3$ peut varier de moins de 75 mg/L (eau de faible dureté) à plus de 300 mg/L (eau très dure).[26]

Il est possible d'éliminer efficacement le calcium de l'eau d'approvisionnement en adoucissant l'eau soit par échange d'ions, soit par précipitation chimique. Comme l'attitude des consommateurs à l'égard de la dureté de l'eau potable est très variable, la dureté de l'eau traitée par les différentes usines d'adoucissement variera de 50 à 150 mg/L (dureté exprimée d'après la teneur en $CaCO_3$).[26]

Effets sur la santé

Absorption, distribution et excrétion

Le calcium est principalement absorbé dans la partie proximale de l'intestin grêle suivant un processus de transport actif favorisé par la vitamine D. La quantité de calcium absorbée à partir des aliments dépend de la concentration d'un certain nombre de constituants alimentaires ainsi que de facteurs non alimentaires, comme le pH de l'intestin. L'absorption varie largement, de 12 à 67 %, et constitue le principal moyen de régulation de la teneur en calcium dans l'organisme.

La charge corporelle totale de calcium chez un homme adulte est d'environ 1 010 g, dont plus de 99 % se retrouvent dans le squelette et seulement 0,1 % dans les liquides extracellulaires. Les concentrations extracellulaires sont régulées par l'hormone parathyroïdienne et par la calcitonine, qui font respectivement augmenter et décroître les concentrations de calcium. Les os constituent un milieu tampon pour le calcium : une proportion de 0,5 à 1,0 % de la masse totale des os, constituée de phosphates de calcium, est rapidement disponible.

Environ 180 mg de calcium sont excrétés chaque jour dans l'urine, comparativement à 740 mg dans les fèces et à 30 à 150 mg dans la sueur. La teneur en calcium des fèces et de l'urine dépend de l'apport en calcium.[27]

Effets toxiques

Comme le métabolisme du calcium est régi par des mécanismes homéostatiques efficaces, les effets toxiques de cet élément ne se manifestent qu'en cas d'absorption de très importantes quantités. Si l'alimentation est riche en calcium, la biodisponibilité des autres minéraux absorbés peut être perturbée. Associé à un phosphate, le calcium peut réduire l'absorption du fer.[28] Selon certaines études, le calcium de source alimentaire perturberait l'équilibre magnésien,[29,30] mais d'autres études indiquent le contraire.[31] On a noté que la relation entre le calcium et le magnésium d'origine alimentaire pouvait varier en fonction de l'âge et du sexe.[32] Le calcium de source alimentaire influe sur l'absorption du zinc chez les animaux,[33] alors que cela ne semble pas être le cas chez les humains.[34,35]

Les aliments qui sont riches à la fois en calcium et en phosphore peuvent toutefois inhiber l'absorption du zinc.[36] Il semble que l'absorption du chrome[37] et du manganèse[38] soit inhibée par des concentrations alimentaires élevées de calcium. La présence de calcium dans l'eau potable pourrait réduire la disponibilité du cuivre, la lixiviation du cuivre dans le système d'alimentation étant moins agressive.[39]

Effets bénéfiques

Le calcium bloque l'absorption des métaux lourds; on a constaté, par exemple, qu'une alimentation pauvre en calcium rendait des rats particulièrement sensibles à une intoxication par le plomb.

On pense qu'un apport alimentaire adéquat de calcium chez les humains de moins de 30 ans retarde l'ostéoporose en faisant augmenter la masse osseuse. Chez les femmes ménopausées et les hommes de plus de 60 ans, on a avancé,[40] bien que cette hypothèse ne soit pas universellement acceptée,[41] qu'une alimentation enrichie en calcium permettrait de ralentir la résorption des os. On signale une incidence accrue d'éclampsie pendant la grossesse chez les populations dont l'alimentation est pauvre en calcium.[42] On a montré que des suppléments de calcium faisaient baisser la pression sanguine chez des femmes enceintes.[43]

Une alimentation riche en calcium pourrait prévenir le cancer du colon chez les humains[44] et même faire disparaître les premiers signes de cancer colo-rectal.[45] Le cancer colo-rectal apparaît plus fréquemment que prévu chez les personnes qui boivent de l'eau de faible dureté, pauvre en calcium.[46]

On a également avancé que le calcium d'origine alimentaire pouvait être un agent antihypertensif. Cette hypothèse est étayée par des indications tirées d'études épidémiologiques de grande envergure,[42,47] d'enquêtes sur l'alimentation,[48,49] d'études d'intervention alimentaire[50–52] et d'études physiologiques expérimentales.[53–55]

On a noté qu'un supplément alimentaire de calcium réduisait le cholestérol du plasma chez de jeunes chèvres.[56] Toutefois, lorsqu'on administrait un supplément à la fois de calcium et de vitamine D, on constatait une incidence nettement plus élevée de calcification aortique, ce qui est considéré comme un signe de lésions athéroscléreuses. L'eau potable dure pourrait donc constituer une importante source de calcium supplémentaire puisque ses effets bénéfiques ne seraient pas neutralisés par un apport accru de vitamine D, comme dans le cas des produits laitiers additionnés de vitamine D.

On a proposé plusieurs mécanismes biologiques pour expliquer certaines des relations statistiques mises en évidence par des études épidémiologiques[57,58] entre l'eau potable dure et une incidence plus faible de maladie cardio-vasculaire (voir la section intitulée «Dureté» dans la documentation supplémentaire).

Autres considérations

Comme il contribue à la dureté de l'eau, le calcium peut avoir des effets néfastes sur la qualité de l'eau potable. Ces effets sont surtout d'ordre organoleptique ou esthétique et font l'objet d'une section intitulée «Dureté» dans la documentation supplémentaire.

Conclusion

1. Rien ne permet de penser que la présence de calcium dans l'eau potable ait des effets nocifs sur la santé.

2. Les effets indésirables résultant de la présence du calcium dans l'eau potable peuvent provenir de sa contribution à la dureté. Ces effets ont été traités dans la section intitulée «Dureté» de la documentation supplémentaire.

3. Une concentration maximale acceptable n'a donc pas été spécifiée séparément pour le calcium.

Références bibliographiques

1. Day, E.H. The chemical elements in nature. George C. Harrap & Co., Londres, R.-U. (1963).

2. Klein, D.H. Fluxes, residence times and sources of some elements to Lake Michigan. Water Air Soil Pollut., 4 : 3 (1975).

3. Overrein, L.N. Sulfur pollution patterns observed: leaching of calcium in forest soil determined. Ambio, 1 : 145 (1972).

4. Statistitique Canada. Fabricants de produits chimiques industriels, 1974. Publication nº 46-219 (1976).

5. Stonehouse, D.H. Chaux. Dans : Annuaire des minéraux du Canada 1985. Énergie, Mines et Ressources Canada, Ottawa. p. 34 (1986).

6. Ministère de l'Environnement de l'Ontario. Drinking water monitoring data. Inédit (1987).

7. Sienko, M.J. et Plane, R.A. Chemical principles and properties, 2e édition. McGraw-Hill, New York, NY (1974).

8. Base nationale de données sur la qualité des eaux (NAQUADAT). Direction de la qualité des eaux, Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada (1977).

9. Environnement Canada. Données détaillées sur la qualité des eaux de surface, Saskatchewan (1980–81). Direction générale des eaux intérieures (1984).

10. Upper Lakes Reference Group. The waters of Lake Huron and Lake Superior, vol. I. Résumé et recommandations. Rapport présenté à la Commission mixte internationale (1976).

11. Kormondy, E.J. Concepts of ecology. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ. p. 182 (1969).

12. McQuarrie, M.C. Lime. Dans : McGraw-Hill Encyclopedia of science and technology: an international reference work. McGraw-Hill, New York, NY (1966).

13. Bertine, K.K. et Goldberg, E.D. Fossil fuel combustion and the major sedimentary cycle. Science, 173 : 233 (1971).

14. International Reference Group. Atmospheric loadings of the Lower Great Lakes and the Great Lakes drainage basin. Rapport présenté à la Commission mixte internationale (1977).

15. Klemm, R.F. et Gray, J.M.L. A study of the chemical composition of particulate matter and aerosols over Edmonton. Préparé pour le compte de la Research Management Division par l'Alberta Research Council. Rapport RMD 82/9. 125 p. (1982).

16. Commission mixte internationale. Report on pollution of the atmosphere in the Detroit River area. Windsor (Ontario) (1960).

17. Van Loon, J.C. Toronto's precipitation analyzed for heavy metal content. Water Pollut. Control, 111(2) : 38 (1973).

18. Pyke, M. Success in nutrition. John Murray Publishing, Londres, R.U. (1975).

19. Hankin, J.H., Margen, S. et Goldsmith, N.F. Contribution of hard water to calcium and magnesium intakes in adults. J. Am. Diet. Assoc., 56 : 212 (1970).

20. Neri, L.C., Hewitt, D., Schreiber, G.B., Anderson, T.W., Mandel, J.S. et Zdrojewsky, A. Health aspects of hard and soft waters. J. Am. Water Works Assoc., 67 : 403 (1975).

21. Scythes, C.A., Gibson, R.S. et Draper, H.H. Dietary calcium and phosphate intakes of a sample of Canadian premenopausal women consuming self-selected diets. Nutrition, 2 : 385 (1982).

22. O'Connor, D., Gibson, R.S. et Martinez, O.B. Dietary calcium and phosphorus intakes of a sample of Canadian post-menopausal women consuming self-selected diets. J. Can. Diet. Assoc., 46 : 45 (1985).

23. Ministère de la Santé nationale et du Bien-être social. Consommation de l'eau du robinet au Canada, Ottawa (1981).

24. Ministère de la Santé nationale et du Bien-être social. Apports nutritionnels recommandés pour les Canadiens, Ottawa (1983).

25. American Public Health Association/American Water Works Association/Water Pollution Control Federation. Standard methods for the examination of water and wastewater, 17e édition. American Public Health Association, Washington, DC (1989).

26. American Water Works Association, Water quality and treatment, a handbook of community water supplies, 4e édition. F.W. Pontius (dir. techn. de la publ.). McGraw-Hill, New York, NY (1990).

27. International Commission on Radiological Protection. Report of the Task Group on Reference Man. ICRP Report No. 23, Pergamon Press, Oxford, R.-U., 411 p. (1984).

28. Monsen, E. R. et Cook, J. D. Food iron absorption in human subjects — IV. The effect of calcium and phosphate salts on the absorption of non-heme iron. Am. J. Clin. Nutr., 29 : 1142 (1976).

29. Kim, Y. et Linkswiler, H. Effect of level of calcium and phosphorus intake on calcium, phosphorus and magnesium metabolism in young adult males. Fed. Proc., 115 : 167 (1979).

30. Hines, R. G., Jacobson, J. L., Beitz, D. C. et Littledike, E. T. Dietary calcium and vitamin D: risk factors in the development of atherosclerosis in young goats. J. Nutr., 115 : 167 (1985).

31. Spencer, H. Calcium and magnesium interactions in man. Clin. Chem., 25 : 1043 (1980).

32. Lakshmanan, F.L., Rao, R.B., King, W.W. et Kelsay, J.L. Magnesium intakes, balances and blood levels in adults consuming self-selected diets. Am. J. Clin. Nutr., 40 : 1380 (1984).

33. Adham, N.F. et Long, M.K. Effects of calcium and copper on zinc absorption in the rat. Nutr. Metab., 24 : 281 (1980).

34. Snedeker, S.M., Smith, S.A. et Greger, J.L. Effects of dietary calcium and phosphorus levels on the utilization of iron, copper and zinc by adult males. J. Nutr., 112 : 136 (1982).

35. Spencer, H., Vandinscott, I. et Samachson, J. Zinc-65 metabolism during low and high calcium intake in man. J. Nutr., 86 : 168 (1965).

36. Pecoud, A., Donzel, P. et Schelling, J. L. The effects of foodstuffs on the absorption of zinc sulfate. Clin. Pharmacol. Ther., 17 : 489 (1975).

37. Merty, W. Chromium. Dans : Absorption and malabsorption of mineral nutrients, N.W. Solomons et I.H. Rosenberg (dir. de publ.). Alan R. Liss, New York, NY (1984).

38. Spenser, H., Assmussen, C.R., Holtzman, R.B. et Kramer, L. Metabolic balance of cadmium, copper, manganese and zinc in man. Am. J. Clin. Nutr., 32 : 1867 (1979).

39. Méranger, J. C., Subramanian, K. S. et Chalifoux, C. Metals and other elements. Survey for cadmium, cobalt, chromium, copper, nickel, lead, zinc, calcium and magnesium in Canadian drinking water supplies. J. Assoc. Off. Anal. Chem., 64 : 44 (1981).

40. Recker, R. R. et Heaney, R. P. The effects of milk supplements on calcium metabolism, bone metabolism and calcium balance. Am. J. Clin. Nutr., 41 : 254 (1985).

41. Magess, R.B., Harper, A.R. et De Luca, H. Calcium intake and bone. Am. J. Nutr., 41 : 568 (1985).

42. Belizan, J.M. et Villar, J. The relationship between calcium intake and edemaproteinuria and hypertension-gestosis: a hypothesis. Am. J. Clin. Nutr., 33 : 2203 (1980).

43. Belizan, J.M., Villar, J., Zalagar, A., Rojas, L., Chan, D. et Bryce, G.F. Preliminary evidence of the effects of calcium supplementation on blood pressure in normal pregnant women. Am. J. Obstet. Gynecol., 146 : 175 (1983).

44. Garland, C., Barrett-Connor, E., Rossof, A.H., Shekelle, R.B., Criqui, M.H. et Paul, O. Dietary vitamin D and calcium and risk of colorectal cancer: a 19-year old prospective study in men. Lancet, i(8424) : 307 (1985).

45. Lipkin, M. et Newmark, H. Effect of added dietary calcium on colonic epithelial-cell proliferation in subjects at high risk for familial colonic cancer. New Engl. J. Med., 313 : 1381 (1985).

46. Silberner, J., Colorectal cancer: calcium a key? Sci. News, 128 : 362 (1985).

47. McCarron, I.A., Morris, C.D., Henry, J.J. et Stanton, J.L. Blood pressure and nutrient intake in the United States. Nutr. Today, 8 : 14 (1984).

48. Langford, H.G. et Watson, R.L. Electrolytes, environment and blood pressure. Clin. Sci. Mol. Med., 45 : 1115 (1973).

49. McCarron, D.A., Morris, C.D. et Cole, C. Dietary calcium in human hypertension. Science, 217 : 267 (1982).

50. Belizan, J.M., Villar, J., Pinda, O., Gonzales, A.E., Sainz, E., Garrera, G. et Sibrian, R. Blood pressure reduction in young adults with calcium supplementation: a randomized clinical trial. J. Am. Med. Assoc., 249 : 1161 (1983).

51. McCarron, D.A. et Morris, C.D. Blood pressure response to oral calcium in persons with mild to moderate hypertension. A randomized, double-blind, placebo-controlled, crossover trial. Ann. Intern. Med., 103 : 825 (1985).

52. Johnson, N.E., Smith, E.L. et Freudenheim, J.L. Effects on blood pressure of calcium supplementation of women. Am. J. Clin. Nutr., 42 : 12 (1985).

53. Ayachi, S. Increased dietary calcium lowers blood pressure in the spontaneous hypertensive rat. Metabolism, 28 : 1234 (1979).

54. Belizan, J.M., Villar, J., Self, S., Pineda, O., Gonzales, G. et Lainz, E. The mediating role of the parathyroid gland in the effect of low calcium intake on blood pressure in the rat. Arch. Nat. Nutr., 24 : 666 (1984).

55. Yacowitz, H., Fleishman, A.I., Amoden, R.T. et Bierenbaum, M.L. Effects of dietary calcium upon lipid metabolism in rats fed saturated or unsaturated fat. J. Nutr., 92 : 389 (1967).

56. Raloff, J. Oxidized lipids: a key to heart disease? Sci. News, 127 : 278 (1985).

57. Pocock, S.J., Shaper, A.G., Cook, D.G., Packham, R.F., Lacey, R.F., Powell, P. et Russel, P.F. British regional heart study: geographic variation in cardiovascular mortality and the role of water quality. Br. Med. J., 280 : 1243 (1980).

58. Zieghami, E.A., Morris, M.D., Calle, E.E., McSweeny, P.S. et Schuknecht, B.A. Drinking water inorganics and cardiovascular disease: a case control study among Wisconsin farmers, U.S. Environmental Protection Agency Proceedings, Amherst, MA. PB85-216513, mai 1985.